水稻之光合作用與產量關係初步研究

徐　　振

1 緒　　論

水稻生理作用中與產量有密切關切者，厥爲其光合作用，作者意見，其他條件相同時，則產量當決定於品種間光合作用之差異。

關於水稻光合作用過去之研究有1931年 R. H. Dasteur (67) 以測定生長各期一日間稻葉糖分之差異及測定二氧化碳之吸收以決定光合作用之强度，結論以開花期達最高度。此項工作經野口氏重複以在開花前十日最高，鈴木氏(1) 在臺灣省農業試驗所再行重複此項工作，所得結果與野口氏相彷彿。

作者係繼續鈴木氏之工作。鈴木氏以水稻各品種間生長期不同，不能得一方法可作爲比較光合作用之强度，作者設法改進此項工作，並擬更進一步如何能使光合作用之强度之測定得應用於育種。使育種工作得籍化學分析之帮助以縮短其所需之時間。產量旣由光合作用而決定，則光合作用强度比較如有適當方法，則當可籍此以選擇適當之品種。如能在各地不同自然條件下測定各品種光合作用强度，然後與各地氣象及土壤調查記錄参互研究，或可由該地初步決定各地最適品種。本試驗之進行，目的在此。今錄其初步結果如下述。

2 試 驗 方 法

光合作用强度之測度，有種種方法，本試驗中所採用之方法乃在晨間六時與午後六時分別測定其組織中之糖量。由其差異推算同化作用之强度。

A. 品種：試驗用品種，計日本型四種，(1) 臺中65號，(2) 嘉義晚2號，(3) 旭，(4) 坊主。臺灣種四品種。(1) 下脚柳州，(2) 白米粉，(3) 烏殼，(4)霜降

B. 耕種概要：36年第一期作。各品種以鹽水選種，然後浸種 3 天，催芽2天，於 1 月22日播種，移植期爲4月12日，苗牀及本田施肥俱依農家便覽(2)。

C. 試料採取：移植後約20日，每 7 日採取樣品一次，每日分上午六時及下午二時二次採取。

D. 炭水化合物之測定：測定植物組織之糖分，其困難點有二，一爲糖量之存在極少。二爲有酵素之存在，致組織中之糖量時起變化。Brown & Morris (1898)(5) 最初以硫酸銅法測定植物組織中之糖分。Mansen d Walker(1906)(13) 統一各人提出方法而成一普遍之方法。1921年 Schaffer d Hatman(14) 對 Munsen d Walker 氏法加以改良，並發展爲 Iodcmetry 法。1924年 Hagedorn Jensen(9,10) 氏之血糖定一量法，均對糖分定量甚有貢獻。

作者採用經 Hanes(11) 改進之 Hagedorn-gensen 氏 Iodometry 法。今述其法如下：

(1) 溶液調製法：

1 第一液：赤血鹽8.25克＋無水炭酸鈉10.0克，溶解於蒸餾水成1000cc.。

2. 第二液：碘化鉀12.5克 硫酸鋅（Zn SO4 $7H_2O$）25克＋食鹽125克溶解於蒸餾水成500cc.。

3. 第三液：醋酸5%溶液。

4. 第四液：可溶性澱粉液1%溶液。

5. 第五液： 0.01N $Na_2S_2O_3$溶液。0.1N $Na_2S_2O_3$溶液爲保存液，使用時10倍稀釋。

(2) 測定方法：

1. 大型試管加第一液5cc. 加試液1—2cc.，蒸餾水4—3cc.。

2. 空白試驗：第一液5cc. 加蒸餾水5cc. 1.2項試管均在沸水浴中15分鐘加熱，3分間流水冷却。

3. 加第二液5cc.混和後加3cc.第三液。

4. 澱粉液1cc.加入爲指示劑，混和均後以N/100 $Na_2S_2O_3$滴定之。

(3) 試料之製備：

1. 自田間任取樣品約30克，去根去黃葉，以15克爲定糖樣品，入厚玻瓶密栓入水浴80°C 30分處理，殺死酵素。

2、油壓式小型壓搾機，壓力500kg/cm2壓搾得汁液。

3 以吸管取5cc.以4,5g/eiter $ZnSO_4$ $7H_2O$ 15.5cc.加N/10 NaoH 2.5cc.混和均勻後加入，100°C 3分間加熱以除蛋白質，冷却，抽氣，過濾，並以水洗。

4. 加1/10 容量1%HCl於濾液，於80°C時加熱15分鐘，以轉化蔗糖爲還元糖。以1% Na_2CO_3 中和，稀釋至100cc.爲試液。

3 豫備試驗

1. N/100 $Na_2S_2O_3$ 與葡萄糖之相當量之測定，以已知純率葡萄糖配100cc.溶液，使每立方糎之含量爲1mg、以不同容量葡萄糖液，以前法測定N/100 $Na_2S_2O_3$ 之相當量。其結果得下表：

葡萄糖量(mg)	N/100 $No_2S_2O_3$	葡萄糖量	N/100 $Na_2S_2O_3$
0.25	0.56	1.75	5.0
0.50	1.35	2.0	5.75
0.75	2.20	2.25	6.55
1.00	3,76	2.50	7.30
1.25	3.50	2.75	7.70
1.50	4.30	3.0	9.0

2. 水稻糖分之轉移試驗，測定水稻葉日間糖分之增加量，僅爲光化作用強度之定性測定法，因葉中糖分在白晝有移轉作用一處之糖分增減不足以定其增減之全量。故作者分別測定白晝

莖葉，葉，根部等糖分之增加。茲將臺中65號，4月25日測定之結果表列如下：

部份	上午六時10克干物含全糖量mg	下午二時全糖量mg	增加量mg
莖葉	150	492	342
葉	81	483	402
根	181	201	18

由上述結果觀察，自晨間至午後僅有少量糖分移轉至根部，光化作用糖分之增加由於葉片之作用，故由莖葉中日間全糖量之增加大致可認爲定量測定光合作用之方法。按鈴木氏試驗稻葉糖分含量以午後2—3時最高，故午後採樣以2時爲標準。

3. 處理試驗：水稻之壓搾汁，須經如何處理，方可作爲定糖用試液。試驗品種臺中65號，4月28日10時採取樣品，每處理用壓搾汁5cc.分別經去蛋白質處理後，再經如下各種處理，定其糖量。結果如下列：

處理手續			測定全糖量(5cc.壓搾汁中之全糖量)
不經濾過			95mg
取上澄液			104mg
普通濾紙過濾	洗滌液	20cc	121mg
脫脂棉過濾	洗滌液	20cc	118.5mg
抽氣過濾	洗滌液	20cc	123.0mg
抽氣過濾	洗滌液	10cc	115.2mg

由上述結果，不經濾過糖量最少，取上澄液次之，而經過濾手續者，則測得糖量最高，即氫氧化鋅與蛋白質沉澱之存在有吸着還元糖，不使其呈現還元之作用故測定糖量較少。故除蛋白質及抽氣過濾并經20cc.蒸餾水充分洗滌等手續，均爲不可或省也。

4. 測定手續 晨間六時自田間就每品種就四穴中任取樣品30克，去根後取15克入瓶密栓。水浴80°C 分殺死酵素後，稍冷以油壓機搾取汁(500km/cm2壓力)，準確取5 入三角瓶中，加 $ZnSO_4\ 7H_2O$ 與 $N/_{10}NaoH$混合液15cc. 100°C3)分間加熱以除蛋白質。冷却後，抽氣過濾之，並之蒸餾水20cc洗滌。加1%Hce 4cc.使蔗糖轉化爲還元糖，此時須在80°C經15分間加熱。以1% Na_2CO_3 中和後，稀釋至100cc.。取1—5cc.爲試液，II D 測定滴定所需 $Na_2S_2O_3/_{100}$之容量，更查III. 1. 表計算相當之葡萄糖量，再由下列式計算含糖量。

壓搾汁5cc.稀釋爲100cc.取2cc.爲試液，如空白與試液所需$N/_{100}$ Na_2S_2O 溶液之差異 =a cc.則2cc.試液中之葡萄糖量爲a×葡萄糖之當量比=bmg 全部試驗液 100cc 中之葡萄糖量 b×50 =50bmg (即5cc壓搾汁之含量)。

1cc.壓搾液中所合葡萄糖量=1/5，50bmg=10bmg 與 10gm 乾物質相當之壓搾液 =10—$\frac{水份率}{乾物率}$ ∴ 10gm乾物質中含全糖量= 10bmg10$\frac{水份率}{乾物率}$ = 100bmg$\frac{水份率}{乾物率}$

4 試 驗

1. 葉綠素含量比較：測定日本型稻四品種苗牀期葉綠素含量之差異，測定方法參照文獻，

其結果例下：

品　種	測定日期	10株含葉綠素量	測定日期	10株含葉綠素量
臺中65號	4月1日上午9時	1.23mg	4月9日上午9時	10.39mg
嘉義晚2號	4月1日上午9時	2.79mg	4月9日上午9時	5.49mg
旭	4月1日上午9時	2.27mg	4月9日上午9時	5.69mg
坊　主	4月1日上午9時	2.98mg	4月9日上午9時	7.27mg

討論：日本種水稻四品種幼苗期相同株數葉綠素含量比較，4月1日採樣品以坊主及嘉義晚二號爲高。其後4月9日臺中65號及坊主含量較高。前者以此時生長甚迅速，後者爲北海道高緯度品種之故。四品種中以臺中65號嘉義晚2號爲高產量品種，旭及坊主產量較低，因此未能觀察出水稻之葉綠素含量對產量有何影響。

2. 水稻品種間糖合成力之比較，測定日本型四品種及臺灣型四品種糖分合成力。測定方法如前述。結果如下：

日　期	品種番號	上午六時全糖量 (mg/10g干物量)	下午二時全糖量 (mg/10g干物量)	合　成　量 (mg/10g干物量)
5月 1日	1 臺中65號	302.10	974.5mg	672.4mg
	2 嘉義晚2號	267.90	347.2mg	79.3mg
	3 旭	294.0	839.5mg	545.5mg
	4 坊　主	310.8	580.5mg	269.7mg
	5 下脚柳州	282.0	910.9mg	628.9mg
	6 白米粉	249.90	788.4mg	538.9mg
	7 白　殼	259.8	743.8mg	484.0mg
	8 霜　降	300.0	743.8mg	443.8mg
5月 9日	1	260.3mg	637.2	476.1mg
	2	230.0mg	793.2	563.2mg
	3	190.0mg	605.4	415.4mg
	4	196.5mg	558.4	461.9mg
	5	180.2mg	728.8	548.6mg
	6	144.0mg	839.2	695.0mg
	7	160.0mg	681.4	521.4mg
	8	420.1mg	609.0	189.9mg
5月15日	1	421.7mg	625.0mg	203.3mg
	2	412.8mg	676.5 m	263.7mg
	3	360 mg	550.1mg	190.1mg
	4	333.4mg	380.4mg	47.0mg
	5	343.6mg	1079.6mg	686.0mg
	6	317.6mg	939.2mg	621.6mg
	7	409.2mg	926.6mg	517.4mg
	8	467.0mg	928.0mg	461.0mg

日期	品種番號	上午六時全糖量 (mg/10g干物量)	下午二時全糖量 (mg/10g干物量)	合成量 (mg/10g干物量)
5月31日	1	449.6mg	790.6mg	341.0mg
	2	521.4mg	794.2mg	272.8mg
	3	449.6mg	855.4mg	405.8mg
	4	568.2mg	490.2mg	7.8mg
	5	423.1mg	594.6mg	171.5mg
	6	761.5mg	700.4mg	61.5mg
	7	549.5mg	717.8mg	168.3mg
	8	530.6mg	496.6mg	34.0mg
6月11日	1	353.6mg	694.2mg	340.6mg
	2	451.2mg	560.6mg	109.4mg
	3	399.0mg	492.8mg	93.8mg
	4	649.6mg	885.0mg	138.4mg
	5	524.6mg	530.2mg	5.6mg
	6	864.2mg	726.2mg	138.0mg
	7	416.8mg	845.0mg	428.2mg
	8	435.4mg	672.6mg	237.2mg
6月14日	1	425.4mg	495.4mg	70.0mg
	2	431.4mg	540.0mg	108.6mg
	3	362.8mg	332.4mg	30.4mg
	4	417.4mg	500.8mg	83.4mg
	5	581.2mg	882.1mg	00.9mg
	6	522.8mg	780.6mg	315.3mg
	7	570.9mg	886.2mg	315.3mg
	8	599.6mg	537.8mg	61.8mg
6月19日	1	602.7mg	661 mg	59 mg
	2	616.5mg	411 mg	205 mg
	3	590.8mg	557 mg	33 mg
	4	675.8mg	712.4mg	36.6mg
	5	1022.4mg	1162.0mg	139.6mg
	6	798.6mg	680.6mg	118.6mg
	7	976.8mg	1238.8mg	262.0mg
	8	840.4mg	623.6mg	216.8mg
6月26日	1	607.2mg	645.6mg	38.4mg
	2	388.8mg	470.6mg	82.0mg
	3	386.8mg	623.8mg	237.0mg
	4	224.8mg	464.6mg	239.8mg
	5	407.6mg	792.0mg	384.4mg
	6	396.4mg	566.8mg	170.4mg

日　期	品種番號	上午六時全糖量 (mg/10 干物量)	下午二時全糖量 (mg/10 干物量)	合　成　量 (mg/10 干物量)
	7	516.4mg	698.2mg	181.2mg
	8	285.0mg	643.8mg	358.8mg

3. 水稻品種氮含量比較：方法以半微量法測定全氮量

日　期	品種番號	上午六時全糖量 (10克干物含氮)	下午二時全糖量 (10克干物含氮)
5月 1日	1	—	270mg
	2	376mg	295mg
	3	391mg	332mg
	4	—	296mg
	5	369mg	—
	6	—	377mg
	7	380mg	371mg
	8	—	375mg
5月 3日	1	—	248mg
	2	349mg	297mg
	3	—	303mg
	4	396mg	314mg
	5	367mg	—
	6	—	384mg
	7	396mg	347mg
	8	379mg	—
5月 8日	1	—	—
	2	278mg	—
	3	—	274gm
	4	333mg	—
	5	389mg	346gm
	6	356mg	310mg
	7	—	318mg
	8	397mg	394mg
5月9 日	1	320mg	338mg
	2	360mg	258mg
	3	263mg	220mg
	4	304mg	288mg
	5	349mg	320mg
	6	338mg	—
	7	—	304mg
	8	—	340mg
5月15日	1	—	209mg
	2	—	—
	3	236mg	209mg

日 期	品種番號	上午六時全糖量 (10克干物含量)	下午二時全糖量 (10克干物含量)
	4	214mg	—
	5	—	230mg
	6	—	213mg
	7	263mg	231mg
	8	279mg	260mg
5月21日	1	—	258mg
	2	235mg	300mg
	3	210mg	180mg
	4	212mg	164mg
	5	213mg	223mg
	6	292mg	206mg
	7	272mg	247mg
	8	209mg	226mg
5月31日		149mg	
		137mg	

日 期	品種番號	下午二時全糖量(10克干物)
6月11日	1	160mg
	2	140mg
	3	—
	4	149mg
	5	—
	6	136mg
	7	159m
	8	

4. 水稻各品種穀及稈收穫比較，行長12市尺，行，株距均。四行區收二行。每品種7區

品種及編號	穀量(氣乾重)	稈量(氣乾重)
1 臺中65號	2810克	2965克
2 嘉義晚2號	2540克	2995克
3 旭	2005克	2650克
4 坊主(五號)	870克	3100克 (穀量受鳥害有損失)
5 下脚㳇州	2408克	4526克
6 白米粉	2578克	3962克
7 白 瞉	2538克	4538克
8 霜 降	本品種屬二期作、植於一期作、故未能抽穗、收穫稻稈青色、數据不能與其他品種相較。	

5 討論與結論

1. 水稻葉綠素之含量對於光化作用強度及產量間顯然無關。各品種葉綠素之含量已在限制

量以上，故非爲光化作用或產量之限制因子 (Limiting factor)(4)。

2. 光化作用所受支配因子甚多，如溫度，光强，光量，CO_2濃度，生長時間。(12) 此類因子，雖有整齊之季節變化，但逐日之差異則頗有差異，因此由前述設計不能得一眞正光化作用强度與生長季節間關係之變化曲線。觀上述結果合成力時有差異，即可了然，惟合成力以五月初旬爲最盛則可察得。抽穗期中之糖分有上午較下午多者，因其時糖分向穗中轉移，而分析樣品僅用莖與葉之故。作者以爲上述之曲線。用不同之播種期而於同一時期測定其强度，當可得季節變化之曲線。

3. 糖分合成力，日本型與印度型間有差別，印度型大於日本型。日本型普通穀之收量超過印度型，然稻桿之收量則不及。總乾物量亦以印度型較日本型爲高，則印度型之炭素同化作用較日本型爲强，亦不足爲異。

4. 由第3點推論糖分合成力與總乾物質之關係較其穀之收量之關係爲密切。考察同化作用强度與收量關係，僅可就同型間比較之。

5. 同型間糖分合成力與產量間關係如何，由上述結果可知日本型須在六月中旬以前比較，二者關係較爲密切。產量以1.2兩品種爲高，3.4兩品種爲低。玆將光合作用力以上下午葡萄糖量之差異表之。綜合如下：

	5月1日	5月6日	5月15日	5月 1日	6月11日	6月14日	總和
臺中63號	672.4mg	476.1mg	203.3mg	341.0mg	340.6mg	70.0mg	143 1
嘉義晚二號	79 3mg	563.2mg	263.7mg	272.8mg	109.4mg	108.6mg	1317.7
旭	545.5mg	415.4mg	190,1mg	405.1mg	93.8mg	30.4mg	1074.7
坊主5號	269.7mg	461.9mg	47.0mg	7.8mg	135.4mg	83.4mg	735.5

考察上表則知產量與六月中旬以前光化作用合成力甚有關係。臺中65號產量冠於各品種，其合成力之降低爲遲。且5月—6月，其光化作用大多冠於各品種。

臺灣型間未見有此顯著之關係。臺灣型之光化合成力最高點出現略遲在5月15日左右。

6. 水稻生長各期之含N量亦以5月10日左右應達最高，其後漸降低，此項最高點大致其光化作用合成力最高點相一致。上午與下午含氮量相較，則以下午含量爲低。

7. 單位重量之含氮量其產量間未能察出有何關係

6 參 考 文 獻

(1) 鈴木氏 (1935)：臺灣省農業試驗所研究報告之一 (未發表)

(2) 臺灣總督府農業試驗所編 (昭和十九年) 臺灣農家便覽

(3) 藤井暢三 (昭和11年) 生化學實驗法

(4) Blackman F. F. (1905) Ann. of Bot 19 281

(5) Brown, H. T. and Morris, G. H (1893) J chon Soc Trans 63.604

(6) Dasteur, R. H. and chinoy. JJ (1932) Md J Agric Sci 2.434

(7) Dasteur, R. H. and chinoy. JJ (1933) Md J Agric Sci

(8) Guthrie, J W. (1928) A.J. of Botany 15.86—81

(9) Hagedorn—Jensan (1924) Biochem. Zs. 140.538

(10) Hagedorn—Jensan (1932) Biochem. Zs. 37.92

(11) Howes (1929) Biochem J 23.99

(12) Spocler (1906) Photosynthesis.

(13) Woodman: Food Analysis,